



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Mineralers betydelse och skillnad i biotillgänglighet hos organiska jämfört med oorganiska källor till lantbruksdjur



Sanna Linder

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **397**

Uppsala 2012

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **397**

Examensarbete, 15 hp

Kandidatarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 15 hp

Bachelor thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Mineralers betydelse och skillnad i biotillgänglighet hos organiska jämfört med oorganiska källor till lantbruksdjur

The importance of minerals and differences in bioavailability of organic
compared to inorganic sources to farm animals

Sanna Linder

Handledare: Margareta Rundgren

Supervisor:

Bitr. handledare:

Assistant supervisor:

Examinator: Anna Jansson

Examiner:

Omfattning: 15 hp

Extent:

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap

Course title:

Kurskod: EX0553

Course code:

Program: Agronomprogrammet - Husdjur

Programme:

Nivå: Basic G2E

Level:

Utgivningsort: Uppsala

Place of publication:

Utgivningsår: 2012

Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 397

Series name, part No:

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

On-line published:

Nyckelord: Mineraler, biologisk tillgänglighet, kelaterade, organiska

Key words:

Mineralers betydelse och skillnad i biotillgänglighet hos organiska jämfört med oorganiska källor till lantbruksdjur

Sammanfattning

Alla djur behöver mineraler, de kan inte bilda dem själva. Vanligtvis tillsätts mineraler till fodret i form av oorganiska salter. Mineraler som förekommer naturligt i växter och djur är bundna till antingen aminosyror eller polysackarider och tas upp av kroppen med hjälp av protein- och kolhydratmetabolismen. Vissa mineraler och spårämnen verkar vara lättare för kroppen att absorbera och tillgodogöra sig i naturlig, organisk form eftersom det är en liknande form som förekommer i kroppen. Det gäller framför allt spårämnena Cu, Zn och Se. De oorganiska salterna kan i större utsträckning komplexbinda med andra joner eller foderkomponenter i djurens mag- tarmkanal. Om de organiska mineralerna har högre biologisk tillgänglighet kan de fodras i mindre mängder och därmed lättare bidra till att öka djurens allmänna välbefinnande, motståndskraft mot sjukdomar, dräktighetsresultat och produktionsförmåga etc. Det finns än så länge väldigt lite forskning gjord på området så vidare studier behöver göras innan några säkra resultat kan fastställas.

Abstract

All animals need minerals. They cannot synthesize them by themselves. Minerals are usually added to feed in form of inorganic salts but they naturally occur in plants and animals as organic components and are bound to either amino acids or polysaccharides. The organic minerals can be absorbed in the body as a result of the protein- or carbohydrate metabolism and theoretically, it would be easier to absorb and utilize minerals from organic sources. Especially the trace element Cu, Zn and Se seems to have a higher bioavailability as organic form. Inorganic mineral salts can binding to, and form complex with other ions or feed components that prevent them to be absorbed in the gastrointestinal tract. If the organic minerals have a higher bioavailability, they can potentially increase general health, improve the immune system, pregnancy results and productivity. The higher biological availability leads to a larger proportion of minerals absorbed and thereby reduce emissions of nutrients to the soil and in that way prevent eutrophication. Very little research is done in this area and further studies are needed before any firm conclusions can be present.

Introduktion

Mineraler är grundämnen som förekommer i små mängder i växter och djur. De delas in i makromineraler och spårämnen där de sistnämnda förekommer i mycket små mängder men är viktiga för många funktioner i kroppen. I djuren deltar mineralerna i olika metabola processer och är viktiga för djurens hälsa och tillväxt. Mineraler kallas essentiella om de har en funktion i kroppen och orsakar sjukdom eller ohälsa om de inte tillförs via fodret. För närvarande anses 17 mineraler vara essentiella men det finns ytterligare ca 30 som ännu inte har någon konstaterad uppgift i kroppen. Sammanlagt bedöms ca 40 mineraler ha funktioner i däggdjurskroppen. Mineralerna måste finnas i tillräcklig mängd och förhållandet mellan dem är mycket viktigt. Interaktionen mellan mineralerna är av stor betydelse och många näringsrelaterade sjukdomar kan bero på obalanser av mineraler som hittills är relativt okända (McDonald et al., 2011). Även om mineralerna utgör en liten del av foderstaten har de stor inverkan på djurens hälsa, tillväxt och fertilitet. Därför bör de ägnas noggrann uppmärksamhet. I kommersiella foder tillsätts

mineraler i färdiga premixer och förekommer då i form av oorganiska salter. I naturlig form är mineralerna däremot bundna på olika sätt, kelaterade, vanligtvis till aminosyror (Spears, 1996). Det råder ovisshet i om det har någon betydelse i vilken form de tillförs djuren och om det är möjligt att öka djurhälsan genom att tillföra dem i den form som är lättast för djuren att ta upp (McDowell, 1996).

Syftet med studien är att undersöka om det finns någon skillnad vad gäller upptag och utnyttjande av mineralerna beroende på om de förekommer i oorganisk eller organisk form. Studien kommer att begränsas till att beröra spårämnen koppar, zink och selen.

Biologiska funktioner

Koppar

Koppar (Cu) har en stor roll som medverkande i olika enzymaktiviteter. Den är en del av enzymet cytokromoxidas som medverkar i den oxidativa fosforyleringen. Cu ingår även i enzymer som har en antioxidativ funktion i cellerna. Den ingår i syntes och underhåll av elastiska vävnader och är viktig i bildandet av hemoglobin genom att den mobiliserar järn (Fe) från cellerna till plasman (McDonald et al., 2011). Cu är också en vanlig beståndsdel i andra proteiner i blodet t.ex. erythricuprein som finns i eurytrocyterna som ingår i syremetabolismen. Cu är också viktig för normal pigmentering av hår och fjädrar. Cu förekommer i alla kroppens celler med den högsta koncentrationen i levern som är det organ som lagrar Cu. Vid brist på Cu kan olika symtom uppvisas så som anemi, skelettrubbningar, skador på hjärna och ryggmärg, dåligt pigmenterad päls, minskad tillväxt och infertilitet ((Herdt & Hoff 2011). Kopparbrist uppstår vanligtvis hos unga djur där markerna är låga i kopparinnehåll. Det förekommer både primär och sekundär kopparbrist beroende på om det orsakas av för låga kopparnivåer i fodret (primär kopparbrist) eller om absorptionen av Cu hämmas av andra substanser (sekundär kopparbrist). Tillgängligheten på Cu beror mycket på närvaron av andra spårämnen, främst molybden (Mb) och svavel (S).

Koppartoxikos är vanligast hos får och vissa raser är överrepresenterade (Sjödin, 1994). Koppartoxikos uppträder efter en lång period med högt intag av Cu då levern inte längre kan lagra mer av elementet utan frigör sina depåer. Detta kan ske vid tillfällig stress så som transport, extrem väderlek, dräktighet eller laktation (McDonald et al., 2011). Vanligtvis reglerar levern blodets kopparnivåer genom att frigöra lagom mängder med Cu, därför är blodprov inte ett relevant test för att påvisa en begynnande kopparförgiftning. Eftersom kopparförgiftning ofta leder till snabb död är det svårt att upptäcka och behandla enskilda individer. Förgiftningen fastställs oftast genom att prover på lever och njurar tas av döda djur och sedan ses utfodringen över på besättningsnivå. Höga kopparnivåer i levern är i sig inte farligt utan först när levern frigör kopparen blir blodnivåerna toxiska, därför måste leverproverna kompletteras med prover från njurarna vilka visar på om Cu har filtrerats (Herdt & Hoff 2011).

Zink

Zink (Zn) har hittats i alla kroppens vävnader men till skillnad från övriga mineraler finns de högsta nivåerna i skelettet istället för levern, som vanligtvis är det organ som lagrar spårämnen. Även i skinn, ull och hår har höga nivåer av Zn uppmätts (McDonald et al., 2011). Det är det vanligaste intracellulära spårämnet och näst vanligast efter Fe i hela kroppen. Zn är viktigt för att reglera aptit, tillväxt, immunförsvar och celledelning (Herdt & Hoff 2011). Zn är en komponent i över 200 olika proteiner och enzymer som är

involverade i flera olika metabola processer så som proteinsyntes och kolhydratmetabolism. Zn är även involverat i immunsystemet och upprätthållandet av elektrolytbalansen liksom i produktion, lagring och sekretion av hormoner (Kegley et al., 2001). Zinkstatusen i kroppen beror till största delen på effektiviteten i absorptionen av Zn som i sin tur regleras av zinkstatusen i kroppen. Nivåerna av Zn i vävnaderna är relativt konstant i ett vitt variationsområde av intaget Zn (Herdt & Hoff 2011).

Enkelmagade djur löper mycket större risk än idisslare att drabbas av zinkbrist. Innehåller fodret höga halter fytat i kombination med mycket kalcium (Ca) hämmas upptaget av Zn (Herdt & Hoff). Hos idisslare förekommer inte det problemet eftersom fytatet bryts ner av mikroorganismerna i våmmen. Zinkbrist kan även medföra minskat tillväxt, nedsatt aptit och minskat foderutnyttjande. Hos idisslare är zinkbrist vanligare hos kalvar än vuxna djur eftersom innehållet av Zn i mjölk är lågt (Herdt & Hoff 2011). Det visar sig främst som inflammationer i nosen och munhålan, stelhet i lederna och parakeratos vilket är ofullständig förhornning av hudens hornlager. Hos mjölkkor kan ett lågt upptag av Zn associeras med högre celltal i mjölken och minskad tillväxt (Spears, 1996).

Zinkförgiftning är väldigt ovanligt och toleransnivån är vanligtvis hög. Extrema mängder Zn kan orsaka kopparbrist (McDonald et al., 2011).

Selen

Selen (Se) är känt för att ingå i enzymer som skyddar kroppens cellmembran från oxidation (Herdt & Hoff 2011). Se är även viktig i absorptionen av vitamin E vilket bevarar selen i sin aktiva form och förhindra att det förstörs. Både vitamin E och selen medverkar i immunsystemet och skyddar mot giftiga tungmetaller. Se är även delaktig i bildandet av sköldkörtelns hormoner genom att det är en beståndsdel i enzymet som omvandlar tyroxin (T_4) till trijodtyronin (T_3) och är således viktig i metabolismen av jod (I) (McDonald et al., 2011).

Markens nivåer av Se skiljer sig över olika delar i världen och Sveriges marker är mycket selenfattiga. Hos djur som betar eller äter foder från selenfattiga områden kan brister uppstå om selen inte tillförs via fodertillskott. Viktnedgång och ibland dödsfall kan tyda på selenbrist hos betesdjur. Får är speciellt känsliga för selenbrist, särskilt i perioden runt lamning varför de bör tillföras extra Se. I annat fall kan lammen födas svaga och ha svårt att överleva. Brist på Se kan även medföra störd spermaproduktion och infertilitet samt aborter (SVA, 2012).

Se är i för höga doser kraftigt toxiskt och selenförgiftning är en risk i selenrika områden. Symtom på förgiftning är slöhet, stelhet, håravfall och deformering av hovar/klövar (McDonald et al., 2011).

Tillgänglighet

Biotillgänglighet är ett mått på absorption och utnyttjande av näringsämnen. När spårämnen ges i oorganisk form sker vissa förluster p.g.a. ofullständigt upptag i kroppen och salterna förs ut med avföringen. Högre biotillgänglighet av spårämnen genom organisk källa minskar foderåtgången och belastningen på miljön genom att reducera mängden näringsämnen som frigörs med träcken (Pal et al., 2010). Oorganiska spårämnen kan behöva tillsättas i dubbel så hög dos än vad djuren har behov av för att täcka förlusterna. Organiska spårämnen har samma effekt med lägre tilldelning genom att de är

skyddade mot komplexbindning med andra ämnen (McDowell, 1996; Paulicks et al., 2011).

Olika typer av bindningar hos organiska mineraler

De organiska mineralerna varierar med avseende på dess kemiska struktur och de ligander som används för att bilda metallkomplex eller kelat. De flesta organiska mineraler klassificeras som komplex, kelater eller proteinater. Aminosyrakomplex är en vanlig form av kelaterade mineraler och bildas när ett lösligt metallsalt binder till en aminosyra. Aminosyrakelat är ett resultat av att en metalljon av ett lösligt salt binder till en aminosyra i förhållandet 1:2 och bildar koordinerade kovalenta bindningar d.v.s. delar på ett elektronpar. Metallproteinat bildas genom bindning mellan ett lösligt salt och en aminosyra tillsammans med ett delvis hydrolyserat protein. Ett polysackaridkomplex är resultatet av att ett lösligt salt blandas med en polysackarid (Spears, 1996).

Cu och Zn

För att näringsämnen ska tas upp i mag- tarmkanalen måste de antingen ges i en form som kan tas upp direkt av de mukosala cellerna i tarmväggen eller kunna omvandlas till en form som kan absorberas (William, 1999). Spårämnen som förekommer naturligt i fodret från växterna är i organisk form vilka är lätta för djuren att ta upp. Oorganiska mineraler kan inte absorberas och utnyttjas fullt ut (Spears, 1996). Däremot absorberas organiska mineraler mera effektivt och kan lagras i vävnaderna för att stimulera hälsa, reproduktion och immunförsvar (Pal et al., 2010). I en studie på tackor av Pal et al., (2010) användes enzymet Cu/Zn SOD (superoxid dismutase) som biomarkör för att mäta tillgängligheten av mineralerna Cu och Zn i vävnaderna. Utöver basfodret som bestod av ett analyserat grovfoder och kraftfoder gavs båda grupperna 50 % mer Cu och Zn i form av Cu-sulfat och Zn-sulfat eller Cu-metionin och Zn-metionin. Tackorna som gavs Cu-metionin och Zn-metionin konsumerade mindre foder för att uppnå samma viktökning jämfört med de som gavs Cu-sulfat och Zn-sulfat i oorganisk form. Plasmakoncentrationen av Cu och Zn var högre hos tackor som gavs Cu-metionin + Zn-metionin jämfört med Cu-sulfat + Zn-sulfat. Däremot sågs ingen skillnad i absorption och utnyttjande av makromineralerna beroende på formen hos Cu och Zn. Absorptionen i mag- tarmkanalen av Cu-metionin + Zn-metionin var högre än sulfatformen. Även innehållet av Cu och Zn i levern var högre vid utfodring med mineralerna i organisk form. Pal et al. (2010) visade också att vid jämförelse av innehållet av Cu och Zn i uller dag 0 ackumulerades nivåerna fortare när organiska mineraler gavs. Tackorna som gavs organiska mineraler hade effektivare foderomvandling, bättre utnyttjande av näringsämnen, bättre absorption i mag- tarmkanalen och högre plasmakoncentrationer av mineralerna.

En studie gjord på 1990-talet av Swinkels et al. (1996) undersöktes serumkoncentrationen av Zn hos grisar och effekten av olika Zn-källor i utfodringen. Innan försöket påbörjades utfodrades grisarna med ett foder med låga Zn-nivåer så att brist på ämnet uppstod, därefter tilldelades de Zn i antingen organisk eller oorganisk form. De tittade även på om olika Zn-källor har betydelse för upptaget av Cu och Fe. De kom fram till att det inte har någon betydelse för serum Zn-koncentrationen om Zn tillförs som Zn-aminosyrakelat (ZnAAC) eller Zn-sulfat men att det däremot har effekt på biotillgänglighet hos de andra mineralerna. Det visade sig att nivåerna av Cu i njurarna och Fe i tunntarmen var högre hos de grisar som fått ZnAAC jämfört med Zn-sulfatgruppen. Mineraler finns i mag- tarmkanalen bundna till kemiska ligander som antingen kommer från foderet eller sekreteras från kroppen och dessa ligander kan antingen hämma eller underlätta absorption

av mineralerna. Förklaringen till den ökade absorptionen av Fe kan delvis vara att Fe konkurrerar med Zn om att binda till fria aminosyror i tarmen så när Zn tillförs i form av ZnAAC finns de fria aminosyrorna lediga för Fe och en ökad absorption kan då ske (Swinkels et al., 1996). I rapporten medger han även att det finns mycket kvar att lära om interaktionen mellan olika mineraler och att biotillgängligheten påverkas av flera faktorer. Som exempel ges källan till mineralet, påverkan av andra dietära komponenter och mineralstatus hos djuren vid start.

Det finns relativt få studier gjorda på biotillgänglighet av spårämnen och de som finns har skriftande slutsatser (Wedekind et al., 1992). Vanligtvis har alla former av mineraler och spårämnen tillräcklig biotillgänglighet för att uppnå sin funktion i kroppen om de ges i tillfredsställande mängd (Ott & Johnson, 2001). Däremot finns det skillnader i biotillgänglighet hos Zn-aminosyrakomplex jämfört med oorganiska källor av Zn (Wedekind et al. 1992) och likaså har Cu-propionat och Cu-lysin högre biotillgänglighet än Cu-sulfat (Du et al., 1996). Ott & Johnson (2001) visar också att organiska källor av Cu och Zn har större effekt på att gynna specifika vävnader t.ex. hovar/klövar.

Hos idisslare som gavs samma mängd Zn-metionin och Zn-sulfat eller Zn-oxid var koncentrationen av lösligt Zn i våmmen betydligt högre hos de djur som gavs Zn-metionin. Detta beror på att Zn-metionin förblir intakt i våmmen och binds i mindre utsträckning till mikroorganismer eller foderpartiklar än de andra formerna av Zn. Kvikor som ges Zn-metionin växer mera och effektivare än kvikor som ges Zn-oxid. Mjölksproducerande kor tenderade få ökad mjölkproduktion och lägre celltal i mjölken när de utfodrades med Zn-metionin. Studier tyder även på effektivare foderomvandling och tillväxt samt bättre dräktighetsresultat vid utfodring med organiska Zn-källor (Spears, 1996).

I en studie av Armelin et al. (2003) utfördes mineralanalyser av hästhår för att analysera förekomsten av Cu, Fe, K, Mg, Zn och mangan (Mn) hos hästarna. Efter att hästarna i 47 dagar fått tillskott av 24g organiska mineraler/dag med fördelningen 0,4 % Cu, 1,0 % Fe, 2,5 % Mg, 0,7 % Mn, 1,4 % Zn och 4,6 % K jämfördes håranalyser med analyser gjorda innan försöket påbörjades och visade att Fe, K och Zn förekom i högre nivåer medan de övriga mineralerna i stort sett var oförändrade.

Se

Studier på häst av (Calamari et al., 2009) visar att Se-metionin, i form av selenjäst, absorberas genom aktiv transport över tarmarnas membran och upptas av vävnaderna runt omkring där det sedan kan lagras. Oorganiskt Se, vanligtvis i form av natriumselenit (Na-selenit) absorberas via passiv diffusion d.v.s. koncentrationsutjämning över membranen och väldigt lite lagras i de omkringliggande vävnaderna för att sedan kunna användas. Detta leder till att en stor del av den tilldelade Na-seleniten förs ut med avföringen. I studien visas också att Se i plasma är högre hos hästar som getts Se-metionin än hästar som fått oorganisk Se. Hos de hästar som tilldelas Na-selenit ökar inte halten av Se-metionin i plasman eftersom högre djur inte kan syntetisera metionin och därmed inte bilda Se-metionin av Na-selenit.

I en studie utförd på tackor och lamm av Stewart et al. (2012) användes selenjäst och oorganiskt selen för att studera och jämföra överföring av Se från tackan till fostret. Transporten av Se sker effektivt över moderkakan och till råmjölken. Studien visade att selenöverföringen från tackans blod till lammets blod och från tackans serum till lammets

serum var högre om tackorna fått selenjäst jämfört med Na-selenit trots att dosen Na-selenit var fem gånger högre. Det visar att Se från organisk källa har betydligt högre biologisk tillgänglighet än Se från oorganiska källor. Stewart et al. (2012) fann också att selenöverföringen var beroende av både selenkällan och dosen Se och det hade störst betydelse hos tackor som fick selenjäst. Även överföringen av Se till mjölken var högre hos tackor som fått selenjäst. I försöket sågs en skillnad i överföringen från tackan till lammet men däremot ingen skillnad i lammets överföring av Se från musklerna till blodet när olika selenkällor utfodrades. Se och S har liknande fysikalisk form och ett ökat intag av S leder till en linjär minskning av plasma Se visar försök av Spears (2003) där får utfodrades med olika mängder S och Se. Djur som utfodras med foder innehållande höga halter cyanogena glykosider som förekommer rikligt i bl.a. ärtor och bönor har ett minskat upptag av Se (Spears, 2003).

Betydelser vid dräktighet

En väl genomförd studie av Ashmead et al. (2004) där två grupper med förstakalvande kvisor gavs mineraltillskott av oorganiskt ursprung (IOM) eller aminosyraketat (AAC) visar att det sistnämnda är mera effektivt med avseende på hälsa, reproduktion, mjölkproduktion och mjölksammansättning. Kvisorna sköttes, fodrades och inhystes under i övrigt identiska förhållanden och de var av samma ras (Holstein) och av samma genetiska härstamning. Studien var dubbelblind och det var ingen skillnad på djurens näringsstatus vid start. Ashmead et al. (2004) lät tillverka egna mineralblandningar bestående av Cu, Mn, Zn, Mg och K i form av IOM och AAC som tilldelades grupperna tillsammans med det övriga fodret. Dag 0-90 av laktationen bestod givan av 181 mg Cu, 363 mg Mn, 727 mg Zn, 355 mg Mg och 355 mg K. Givan minskades sedan för att under dag 91-180 utgöra 70 % av den tidigare givan. Den grupp som fick AAC hade under sin första laktation högre mjölkproduktion och högre nivåer av både fett och protein i mjölken samt lägre celltal. Det är oklart varför AAC ger dessa effekter på mjölken och är därför ett underlag för vidare studier. Kvisorna i försöket av Ashmead et al. (2004) som fick AAC blev snabbare brunstiga efter kalvningen samt krävde färre inseminationer för att bli dräktiga med sin andra kalv än kvisorna som fått IOM. I en liknande studie av Ahola et al. (2004) tenderar kor som fått organisk form av Cu, Zn och Mn att ha högre koncentrationer av dessa i levern och de blev lättare dräktiga vid insemination. Det är troligt att optimal nivå av spårämnen är viktigt för att främja hälsa och att brist på dessa kan minska förmågan att utnyttja övriga näringsämnen som fetter, proteiner, kolhydrater och vitaminer. I studien fann de också, genom analys av biopsier från livmodern att tillräckliga mängder Cu, Zn och Mn i vävnaden är avgörande för ett lyckat dräktighetsresultat. Både IOM gruppen och AAC gruppen fick samma koncentration av Cu, Mn, Zn, Mg och K vilket visar att det borde vara skillnaden i biotillgängligheten som är den bidragande orsaken till resultaten (Ashmead et al., 2004).

Mineraler som förekommer som kelat eller komplex med aminosyror eller sockerarter skyddas från att bilda komplex med andra mineralkomponenter som hindrar absorption. I studier där glycinmineralkelat användes uppnåddes samma effekt när kelatet gavs i minsta rekommenderade giva som när oorganiska mineraler gavs på farmaseptisk nivå (Armelin et al., 2003). När oorganiska former av Cu och Zn ges frigörs troligtvis en del av jonerna och gör det därmed möjligt för dem att binda till andra molekyler och bilda olösliga komplex som minskar upptaget i mag- tarmkanalen medan de i organisk form utnyttjar upptaget av

aminosyror och sockerarter över mukosan och kan absorberas fullständigt i blodet (Pal et al, 2010; Spears, 1996).

Diskussion

Mineraler och dess påverkan på djurhälsan är ett område som behöver mera forskning. De flesta foderstater är inte kompletta utan ett minerialfoder och det är viktigt att analysera fodret för att kunna dosera mineralerna rätt. De studier som har undersökts i det här arbetet visar skiftande resultat även då samma mineraler och samma form av mineralerna har studerats. Rapporten av Ott & Johnson (2001) visar att det inte har någon betydelse för foderintag och tillväxt hos hästar som fått olika former av Zn, Cu och Mn men däremot hade de hästar som fått den organiska formen av mineralerna ökad hovtillväxt. Wedekind et al. (1992) har i sina studier hittat betydande skillnader mellan Zn-metionin och Zn-sulfat som tyder på att metabolismen av de olika Zn källorna skiljer sig åt och att Zn-metionin har högre biologisk tillgänglighet. Emellertid har Swinkels et al., (1996) kommit fram till att det inte har någon betydelse om grisarna tillförs Zn i form av Zn-sulfat eller Zn-aminosyrakelat med avseende på serum Zn-koncentrationen men att upptag och lagring av Cu och Fe var högre hos grisarna som får Zn-metionin. Samtidigt har Spears (1996) sett både ökad mjölkproduktion och minskat celltal i mjölken hos kor som fått Zn-aminosyrakelat istället för Zn-sulfat. Fler studier behöver göras för att eventuellt kunna påvisa några säkra resultat.

Genomgående har de undersökningar som utförts gjorts på enstaka mineraler som studerats genom att tillsättas var för sig istället för att studera effekten av hela mineralblandningar. Eftersom mineralerna i kroppen samverkar med varandra och att det troligtvis finns fler mineraler än de som vanligtvis tillsätts som har biologiska funktioner borde det ha betydelse för resultaten om helheten studerades istället för varje enskilt mineral var för sig.

En annan faktor som kan ha betydelse på resultaten av de genomgångna studierna är att de nästan uteslutande har utförts på djur som redan har brist på mineraler, antingen p.g.a. ofullständig utfodring sedan tidigare eller genom manipulering av utfodringen så att den medvetet har försatt djuren i brist. På den grunden har man sedan tillfört de olika mineralformerna var för sig och utvärderat resultaten. Återigen kommer interaktionen mellan mineralerna till betydelse eftersom att brist på ett mineral med stor sannolikhet påverkar om brist eller överskott uppstår på ett annat, en obalans skapas och om därefter bara det mineral som man ämnar undersöka tillsätts kan resultaten bli missvisande (Swinkels et al., 1996).

Det verkar också som att yngre djur påverkas mera än äldre djur eftersom både Ashmead et al. (2004) och Swinkels et al. (1996) studerat kvigor respektive griskultingar och i sina studier kommit fram till att kelaterade mineraler har högre biologisk tillgänglighet. Samma resultat ses inte lika ofta när äldre djur studerats.

Teoretiskt sett borde det vara skillnad i upptag och utnyttjande av organiska och oorganiska mineraler eftersom de i både växter och djur endast förekommer som organiska föreningar (Spears, 1996). Det finns mindre försök och studier gjorda men som saknar vetenskaplig grund och mera baserar sig på subjektiva bedömningar som att organiska mineraler ger ökat välmående så som blankare päls, mera pigga och alerta djur, ökad produktion mm. Flera av de stora foderleverantörerna som riktar sig till både

lantbruksdjur och sällskapsdjur har börjat erbjuda mineralblandningar som delvis innehåller kelaterade mineraler. Dessa marknadsförs som att kunna användas vid ”diffusa besättningsstörningar” och det talar för att djuren påverkas positivt av dessa men att det inte riktigt går att peka ut det exakta upphovet till det. Ett foderföretag har tagit fram ett mineralfoder till sitt sortiment med kelaterad Zn, Cu och Mn som kan användas för att öka fruktsamhet, juver- och klövhälsa och det allmänna hälsoläget. Det är troligt att kelaterade mineraler har positiva effekter även om forskningsresultaten hittills varit skiftande, annars skulle produkter innehållande organiska mineraler inte efterfrågas och konsumeras eftersom de ofta kostar betydligt mer.

De försök som gjorts på området har ofta använt tillväxt, foderförbrukning och serumkoncentration som parametrar för effektivitet hos mineralerna. Det kanske inte är där det bäst visar sig om den högre biotillgängligheten har någon effekt. När Kegley et al. (2001) jämförde olika Zn källor hade kalvarna som fått Zn-metionin större immunrespons efter vaccinering än kalvarna som fått Zn-sulfat. Flera studier har även visat att djuren lättare blir dräktiga när de får kelaterade mineraler (Ahola et al., 2004; Ashmead et al., 2004). Det skulle vara intressant om ytterligare andra parametrar kunde undersökas för att studera eventuella effekter av de olika mineralkällorna som t.ex. immunförsvar och förmåga att motstå smitta i olika miljöer. Andra områden som skulle kunna vara underlag för vidare forskning är om mineralkällorna har olika effekt och inverkan på muskler och leder hos djuren. Det skulle kunna ha betydelse för djurhälsan i och med att det kan underlätta för djuren att resa- och lägga sig och att utvecklingen av friska leder och muskler hos unga djur påverkar tillväxten positivt.

Ott & Johnson (2001) skriver i sin studie att alla mineralerna tas upp av kroppen om de ges i tillfredsställande mängd och att källan till mineralet inte har någon betydelse. Det kan förmodligen vara sant men frågan är då om högre doser behöver ges av oorganiska mineraler eftersom en viss förlust sker genom att en viss del passerar outnyttade genom djuret. I de studier som det här arbetet berör har det i försöken givits lika stor mängd av mineralerna när de olika formerna har jämförts. Eftersom de organiska mineralerna förväntas ha högre biotillgänglighet vore det intressant att titta på om liknande värden i blodserum och organ kan uppnås med lägre mängder organiska mineraler än oorganiska.

Fördelen med att byta ut oorganiska källor till organiska tenderar även vara större för vissa mineraler, speciellt Se har visat sig ha betydande högre biotillgänglighet när det ges i form av selenjäst (Spears, 2003).

Slutsats

Biotillgängligheten hos mineraler av organiskt eller oorganiskt ursprung kan anses vara oviss. Övervägande delen av studierna visar på skiftande resultat men vissa skillnader har påvisats där organiska mineraler bättre tas upp och utnyttjas av kroppen. Det berör särskild unga djur och vissa mineraler visar större skillnad än andra. Mera forskning behövs för att kunna fastställa säkra resultat.

Literaturlista

- Ahola, J.K., Baker, D.S., Burns, P.D., Mortimer, R.G., Enns, R.M., Whittier, J.C., Geary, T.W., Engle, T.E. 2004. Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. *Journal of Animal Science* 82, 2375-2383.
- Armelin M.J.A., Ávila, R.L., Piasentin, R.M., Saiki, M. 2003. Effect of chelated mineral supplementation on the absorption of Cu, Fe, K, Mn and Zn in horse hair. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 258, 449-451.
- Ashmead, H.D., Ashmead, S.D., Samford, R.A. 2004. Effects of metal amino acid chelates on milk production, reproduction, and body condition in holstein first calf heifers. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine* 2, 252-260.
- Calamari L., Ferrari, A., Bertin, G. 2009. Effect of selenium source and dose on selenium status of mature horses. *Journal of Animal Science* 87, 167-178.
- Dua, K., Care, D.A. 1995. Impaired absorption of magnesium in the Aetiology of grass tetany. *British Veterinary Journal* 151, 413-426.
- Du Z., Hemken, R.W., Jackson, J.A., Trammell, D.S. 1996. Utilization of copper in copper proteinate, copper lysine, and cupric sulfate using the rat as an experimental. *Journal of Animal Science* 74, 1657-1663.
- Herd T.H., Hoff, B. 2011. The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 7, 255-283.
- Kegley, E.B., Silzell, S.A., Kreider, D.L., Galloway, D.L., Coffey, K.P., Hornsby, J.A., Hubbell, D.S. 2001. The immune response and performance of calves supplemented with zinc from an organic and an inorganic source. *Professional Animal Scientist* 17, 33-38.
- McDonald P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G. 2011. The components of food. In: *Animal nutrition*. Seventh Edition. Ashford Colour Press, England, 103-136.
- McDowell L.R. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science Technology* 60, 247-271.
- Ott E.A., Johnson, E.L. 2001. Effect of trace mineral proteinates on growth and skeletal and hoof development in yearling horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 21, 287-291.
- Pal, D.T., Gowda, N.K.S., Prasad, C.S., Amarnath, R., Bharadwaj, U., Suresh Babu, G., Sampath, K.T. 2010. Effect of copper- and zinc-methionine supplementation on bioavailability, mineral status and tissue concentrations of copper and zinc in ewes. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 24, 89-94.
- Paulicks, B.R., Ingenkamp, H., Eder, K. 2011. Bioavailability of two organic forms of zinc in comparison to zinc sulphate for weaning pigs fed a diet composed mainly of wheat, barley and soybean meal. *Archives of Animal Nutrition* 65, 320-328.
- Sahin, N., Onderci, M., Sahin, K., Cikim, G., Kucuk, O. 2005. Magnesium proteinate is more protective than magnesium oxide in heat-stressed quail. *The Journal of Nutrition* 135, 1732-1737.
- Sjödin, E., Eggersten, J., Hammarberg, K.I., Danell, Ö., Näsholm, A., Barck, S., Green, D., Waller, A., Hansson, I., Persson, S., Kumm, K.I. 2007. *Får. Natur & Kultur*, 153.
- Spears J.W. 1996. Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science Technology* 58, 151-163.
- Spears J.W. 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. *The Journal of Nutrition* 133, 1506-1509.
- Statens Vetinäredicinska Anstalt (SVA). April 2012. <http://www.sva.se/sv/Djurhalsa1/Far-och-get/Endemiska-sjukdomar-hos-far-ett-urval/NMD/>

- Stewart W.C., Bobe, G., Vorachek, W.R., Pirelli, G.J., Moshcer, W.D., Nichols, T., Van Saun, R.J., Forsberg, N.E., Hal, J.A. 2012. Organic and inorganic selenium: II Transfer efficiency from ewes to lambs. *Journal of Animal Science* 90, 577-584.
- Swinkels, J.W., Kornegay, E.T., Zhou, W., Lindemann, M.D., Webb, K.E Jr., Verstegen, M.W. 1996. Effectiveness of a zinc amino acid chelate and zinc sulfate in restoring serum and soft tissue zinc concentrations when fed to zinc-depleted pigs. *Journal of Animal Science* 74, 2420-2430.
- Wedekind K J, Hortin, A.E, Baker, D.H. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *Journal of Animal Science* 70, 178-187.
- William A.H. 1999. Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. *Field crops research* 60, 115-141.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och
vård
Box 7024
750 07 Uppsala
Tel. 018/67 10 00
Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Nutrition and
Management
PO Box 7024
SE-750 07 Uppsala
Phone +46 (0) 18 67 10 00
Homepage: [www.slu.se/animal-nutrition-
management](http://www.slu.se/animal-nutrition-management)*